



TITLE:

家庭ごみ有料化施策におけるごみ減量効果に関する研究--71自治体を対象としたパネルデータ分析 (京都大学環境衛生工学研究会 第31回シンポジウム講演論文集)

AUTHOR(S):

池松, 達人; 平井, 康宏; 酒井, 伸一

CITATION:

池松, 達人 ...[et al]. 家庭ごみ有料化施策におけるごみ減量効果に関する研究--71自治体を対象としたパネルデータ分析 (京都大学環境衛生工学研究会 第31回シンポジウム講演論文集). 環境衛生工学研究 2009, 23(3): 139-146

ISSUE DATE:

2009-07

URL:

<http://hdl.handle.net/2433/153308>

RIGHT:

京都大学環境衛生工学研究会

20

家庭ごみ有料化施策におけるごみ減量効果に関する研究
- 71 自治体を対象としたパネルデータ分析 -

京都府 池松達人

京都大学 平井康宏 酒井伸一

Effect of Unit Pricing System on Household Waste Reduction

- Panel Data Analysis of 71 municipalities -

Kyoto Prefecture Tatsuhito Ikematsu

Kyoto Univ. Yasuhiro Hirai, Shin-ichi Sakai

1. はじめに

ごみ有料化施策（以下、有料化）に関する研究は、これまでに様々な視点から多数行われている。有料化によるごみ減量効果については、山川ら¹⁾、Sakai et al.²⁾のレビューによっても多くの文献で認められていることが報告されており、さらに有料化に関連して指定袋の配布方法³⁾や透明・半透明性袋の違い⁴⁾による減量効果の比較を行った研究も行われている。

有料化によるごみ減量効果の推定方法としては、ある一時点での複数自治体をサンプルとするクロスセクションデータを用いた重回帰分析による手法が用いられることが多いが、これは一面的な評価を行っているに過ぎず、ごみ減量に寄与する要因を見誤るおそれがある。島根ら⁵⁾はクロスセクションデータによる分析では個体効果存在の可能性（各自治体特有の特徴のうち、モデルで明示的に考慮できない要因が排出量に及ぼす影響）を考慮できないため、推計結果にバイアスが生じる可能性が大きいことや、時系列データではないため有料化導入時の一時的なモラル高揚等の影響と施策自体の効果とを識別できない等の問題点を指摘している。このため、ごみ減量効果をより正確に評価するためには複数時点での複数自治体をサンプルとするパネルデータを用いた分析が求められる。

廃棄物処理施策についてパネルデータ分析を行っている研究事例として、島根ら⁶⁾は関東地方の自治体を対象としたごみ有料化によるごみ排出削減効果について計量的分析を行い、従量制有料化導入により排出量削減効果が見込まれることを報告している。また、笹尾⁷⁾は産業廃棄物税による産業廃棄物削減効果についてパネルデータ分析を行っている。著者ら^{8), 9)}は京都府内の自治体を対象に、指定袋価格等の可燃ごみ有料化施策要因を用いたパネルデータ分析により、有料化によるごみ減量効果の分析を行っている。しかしながら、廃棄物処理施策についてパネルデータを用いた研究事例は少なく、研究の蓄積が必要と考えられる。

本研究では、地域性の偏りを抑えるため、2005 年度時点で可燃ごみに対する単純従量制有料化を導入している国内自治体を対象とし、1998—2006 年度までのごみ量やごみ処理施策についてパネルデータ化した。また、有料化施策要因以外に分別収集制度や集団回収助成金制度等の廃棄物処理施策に関する要因、地域特性に関する要因を説明変数として推定モデルに組み込み、有料化によるごみ減量効果とその影響・要因について分析を行った。

2. パネルデータ分析モデルの変数設定

2.1 パネルデータの整備

本研究では 1998—2006 年度を調査対象期間とし、ごみ処理量などにかかる統計資料として環境省一般廃棄物処理実態調査結果（以下、国実態調査）を用いた。また、自治体の有料化制度や分別収集制度、集団回収助成金制度等を含めたごみ処理施策体系の詳細情報について連続性のあるデータを入手するため、1998 年度から 2006 年度までに市町村合併を行っておらず、かつ 2005 年度までに可燃ごみの単純従量制有料化を導入した 123 市を調査対象として選定した。この 123 市に対して調査紙によるアンケート調査を実施し（調査期間 2008.12—2009.1）、有効回答の得られた 71 市をパネルデータ分析に用いた。

2.2 パネルデータで用いた目的変数及び説明変数

1998—2006 年度のごみ収集量実績（国実態調査）から、ごみ種類毎の収集量原単位(g/人/日)を算出し、パネルデ

一タ分析における目的変数として用いた。なお、国実態調査ではごみ収集量は直営・委託・許可業者の3方式による収集量の合計が記載されている。このうち、許可業者の多くが事業系一般廃棄物の収集を行っているため、直営・委託分のみを計上した収集量原単位が定期収集による家庭ごみ量により近いと考え、直営・委託分のごみ収集量原単位を目的変数として設定した。

ごみ減量効果に影響を及ぼす要因は有料化だけではなく、分別収集などの他の廃棄物処理施策や地域特性も影響を及ぼしていると考えられる。そのため、分析モデルの説明変数を、①有料化設計要素、②廃棄物関連施策（有料化以外の廃棄物処理施策）、③地域特性に分けて、各説明変数のごみ減量効果への寄与度について検討した。本研究で用いた各目的変数及び説明変数の記述統計を表1に示す。

表1 本研究で用いた各変数の記述統計量

目的変数		度数	最小値	最大値	平均値	標準誤差	標準偏差
WC_Total	総収集量(直営・委託)原単位(g/人/日)	639	52.9	1306.1	695.0	5.4	137.2
WC_Com	可燃ごみ収集量(直営・委託)原単位(g/人/日)	639	0.0	872.5	524.9	4.6	116.6
WC_Inc	不燃ごみ収集量(直営・委託)原単位(g/人/日)	639	0.0	401.8	66.0	2.1	53.1
WC_Re	資源ごみ収集量(直営・委託)原単位(g/人/日)	639	0.0	292.3	89.2	2.6	65.9
W_Recycling	集団回収量原単位(g/人/日)	639	0.0	690.8	60.0	2.1	53.6
説明変数		度数	最小値	最大値	平均値	標準誤差	標準偏差
D_UP_C	可燃ごみ有料化ダミー変数(可燃ごみ有料化実施時を1、実施していない場合を0)	639	0	1	0.70	0.02	0.46
D_UP_IC	不燃ごみ有料化ダミー変数(不燃ごみ有料化実施時を1、実施していない場合を0)	639	0	1	0.56	0.02	0.50
D_UP_RE	資源ごみ有料化ダミー変数(資源ごみ有料化実施時を1、実施していない場合を0)	639	0	1	0.26	0.02	0.44
Price_Cbag	可燃ごみ指定袋容積単価(円/L)	639	0	3.0	0.69	0.02	0.62
Differ_CJC	指定袋容積単価の差額(可燃ごみ-不燃ごみ)(円/L)	639	-0.4	1.7	0.10	0.01	0.29
Differ_C_Re	指定袋容積単価の差額(可燃ごみ-資源ごみ)(円/L)	639	-0.2	3.0	0.51	0.02	0.61
N_bag	可燃ごみ指定袋種類数	639	0	5	1.92	0.05	1.37
D_15B	可燃ごみ指定袋15L以下有ダミー変数(設定している場合を1、設定していない場合を0)	639	0	1	0.27	0.02	0.45
D_2B	可燃ごみ指定袋2種類ダミー変数(2種類の場合を1、2種類以外の場合を0)	639	0	1	0.35	0.02	0.48
D_3B	可燃ごみ指定袋3種類ダミー変数(3種類の場合を1、3種類以外の場合を0)	639	0	1	0.25	0.02	0.43
D_OVER2B	可燃ごみ指定袋2種類以上ダミー変数(2種類以上の場合を1、2種類未満の場合を0)	639	0	1	0.72	0.02	0.45
D_OVER3B	可燃ごみ指定袋3種類以上ダミー変数(3種類以上の場合を1、3種類未満の場合を0)	639	0	1	0.36	0.02	0.48
D_OVER4B	可燃ごみ指定袋4種類以上ダミー変数(4種類以上の場合を1、4種類未満の場合を0)	639	0	1	0.12	0.01	0.32
D_PapRC	古紙資源収集ダミー変数(実施している場合を1、していない場合を0)	632	0	1	0.69	0.02	0.46
D_PetRC	ペットボトル資源収集ダミー変数(実施している場合を1、していない場合を0)	632	0	1	0.77	0.02	0.42
D_PlaNonC	プラスチック製容器包装類 非可燃収集ダミー変数(実施している場合を1、していない場合を0)	632	0	1	0.47	0.02	0.50
D_GraRC	集団回収助成制度ダミー変数(実施している場合を1、していない場合を0)	639	0	1	0.85	0.01	0.36
P_H	1世帯あたり平均世帯人員(人/1世帯)	639	2.1	3.9	2.84	0.01	0.34
Pop_D	人口密度(人/km2)	639	51	12338	1869	97.2	2457
R_DayP	昼夜間人口比	639	0	113.68	74.08	1.07	27.10
Income	一人あたり平均所得(百万円/人)	639	0.76	2.13	1.32	0.01	0.29

2.3 設定モデル

本研究では、ごみ減量効果及び有料化施策要因等の影響を推定するため、次の線形回帰モデル式を基本として、目的に応じてごみ減量効果推定モデルを設定した。

$$Y_{it} = \alpha_i \times X_{it} + u_i + e_{it} \tag{1}$$

ここで、自治体 $i=1,2,...,71$ 、時間 $t=1,2,...,9$ とし、誤差項 e_{it} は互いに独立に正規分布 $(0, \sigma^2)$ に従っているとする。また、 Y_{it} : 自治体 i の t 年度におけるごみ収集量原単位、 X_{it} : 自治体 i の t 年度における説明変数、 α_i : 自治体 i の説明変数に係る係数である。なお、各自治体に個体効果 u_i が存在すると仮定したが、時間効果は生じていないと仮定している。有料化導入による減量効果が現れている場合には、有料化に関する説明変数の係数 α_i が負の値となることが仮説として考えられる。そこで71自治体を対象に、目的変数に設定したごみ収集量原単位についてパネルデータ分析を行った。可燃ごみ以外のごみ収集量原単位の減量効果についても分析を行うのは、可燃ごみ有料化がごみの流れ全体に影響を及ぼしていると考えられるからである。

次に、モデル式の推定方法として、本研究ではパネルデータ分析で一般に行われるブーリング推定法（全ての自治体が同じ定数項、同じ傾きを持つと仮定して推定）、固定効果推定法（年度を通じて各自治体の個体効果が一定として推定）、変量効果推定法（各自治体の個体効果を確率変数として推定）の3推定方法を用いて推定した。いずれの推定方法が最適であるかはF検定、Hausman検定により判断される¹⁰⁾。F検定では「個体効果が存在しない」とする帰無仮説に対して検定を行い、帰無仮説が棄却されると各主体で個体効果が存在することを示す。また、Hausman検定では「個体効果が説明変数と無相関である」とする帰無仮説に対して検定を行い、帰無仮説が棄却されると固定効果推定法（fixed）が採用され、帰無仮説が棄却されなければ変量効果推定法（random）が採用される。この検定の結果、最も正当化された推定方法を採用した。なお、パネルデータを用いる場合、誤差の分散が均一でないために推計にバイアスが生じる不均一分散の問題が指摘される。このため推定においてはWhiteのロバスト修正を行った。また、本研究のパネルデータ分析の推定・検定には、EViews Ver.6.0を用いた。

3. 結果と考察

3.1 有料化制度導入ダミー変数を用いたモデル式

本研究では2005年度までに可燃ごみ有料化を導入している71自治体を調査対象としたが、各自治体によって導入年度は異なっている。また、自治体によって不燃ごみや資源ごみに対する有料化を導入している事例もある。そこで、可燃ごみ、不燃ごみ、資源ごみに対する有料化導入ダミー変数を説明変数とするモデル式(2)を設定し、有料化導入によるごみの減量効果について推定した。

$$Y_{it}=C+\alpha_1 D_UP_C+\alpha_2 D_UP_IC+\alpha_3 D_UP_RE+u_i+e_{it} \quad (\text{※}C: \text{Constant}) \quad (2)$$

このモデル式(2)を用いた5目的変数（ごみ総収集量、可燃ごみ収集量、不燃ごみ収集量、資源ごみ収集量、集団回収量）における推定結果を表2に示す。なお、F検定の結果、全モデル式で帰無仮説は1%水準で棄却され、Hausman検定により採用された推定方法を表中に示す。この結果、可燃ごみ有料化の導入に関する係数 α_1 は、ごみ総収集量、可燃ごみ収集量、資源ごみ収集量のモデル式で1%水準で有意となり、ごみ総収集量、可燃ごみ収集量では負の値、資源ごみ収集量は正の値と推定された。また、不燃ごみ有料化の導入に関する係数 α_2 は、不燃ごみ収集量、資源ごみ収集量のモデル式で1%水準で有意となり、不燃ごみ収集量では負の値、資源ごみ収集量では正の値と推定された。次に、資源ごみ有料化の導入に関する係数 α_3 は、ごみ総収集量、不燃ごみ収集量、資源ごみ収集量のモデル式で5%水準で有意となり、ごみ総収集量、不燃ごみ収集量では負の値、資源ごみ収集量は正の値と推定された。また、集団回収量のモデル式では有意水準10%で有意となり、正の値と推定された。以上から、可燃ごみ有料化はごみ総収集量、可燃ごみ収集量に対して、不燃ごみ有料化は不燃ごみに対して、資源ごみ有料化はごみ総収集量、不燃ごみに対して減量効果があると推察された。また、いずれの有料化制度も資源ごみ収集量の増加に寄与していることが示唆され、有料化実施により資源循環ルートへの排出促進効果があると考えられた。

本モデルでは有料化導入によるごみ減量効果の確認を目的とした結果、各ごみ有料化制度の実施によってごみ減量効果があることが確認された。しかし、有料化制度は指定袋価格や袋の種類数等の制度設計要因、分別収集制度等の他の廃棄物処理制度等の要因も併せて評価する必要があり、次節で各要因の影響について詳細に検討する。

表2 モデル式(2)の推定結果

3.2 ごみ減量効果推定モデル式

実際のごみ収集は有料化や分別収集が併用して用いられており、有料化によるごみ減量効果を推定する上では有料化設計要素、廃棄物関連施策を併せて評価する必要がある。このため、これらの要因を説明変数に加えたモデル式(3)を設定した。また本モデル式では、ごみ有

Variable	WC_Total	WC_Com	WC_Inc	WC_Re	W_Recycling
	Coefficient	Coefficient	Coefficient	Coefficient	Coefficient
C	776.49 **	606.47 **	92.12 **	62.22 **	51.03 **
D_UP_C	-113.95 **	-118.91 **	-6.47	18.65 **	5.70
D_UP_IC	7.77	6.19	-29.96 **	20.69 **	3.93
D_UP_RE	-21.72 *	-5.04	-17.99 **	8.47 **	10.54 .
Adjusted R-squared	0.26	0.35	0.20	0.82	0.02
F test : F(70,565)	24.63 **	28.54 **	21.84 **	41.33 **	19.34 **
Hausman test : $\chi^2(3)$	3.76	3.12	6.26	20.02 **	2.40
(Effects Specification)	random	random	random	fixed	random

**p<0.01 *p<0.05 .p<0.10

料化と分別収集を併せて実施することによる複合的効果について検討するため、ごみ有料化ダミー変数と資源ごみ収集ダミー変数の交差項を設定した。

$$Y_{it} = C + \alpha_1 Price_Cbag + \alpha_2 Differ_C_IC + \alpha_3 Differ_C_Re + \alpha_4 D_2B + \alpha_5 D_3B + \alpha_6 D_OVER4B + \alpha_7 D_15B \\ + \alpha_8 D_PapRC + \alpha_9 D_PetRC + \alpha_{10} D_PlaNonC + \alpha_{11} D_UP_C*D_PapRC + \alpha_{12} D_UP_C*D_PetRC \\ + \alpha_{13} D_UP_C*D_PlaNonC + \alpha_{14} D_GraRC + \alpha_{15} P_H + \alpha_{16} Pop_D + \alpha_{17} R_DayP + \alpha_{18} Income + u_i + e_{it} \quad (3)$$

モデル式(3)を用いた 5 目的変数 (ごみ総収集量、可燃ごみ収集量、不燃ごみ収集量、資源ごみ収集量、集団回収量)における推定結果を表 3 に示す。なお、各目的変数におけるモデル式の推定方法は F 検定の結果、1%水準で帰無仮説は棄却され、Hausman 検定の結果、ごみ総収集量のモデル式で変量効果推定法が採用され、その他の目的変数のモデル式では固定効果推定法が採用された。以下、各説明変数について考察する。

3.2.1 可燃ごみ指定袋容積単価

ごみ総収集量、可燃ごみ収集量のモデル式において、係数 α_1 は 1%水準で有意となり、ごみ総収集量では-51.1、可燃ごみ収集量では-45.4 と推定された。すなわち可燃ごみ収集量に対して 1 円/L あたり約 45g/人/日の減量効果が推定された。

3.2.2 可燃ごみと不燃ごみの指定袋容積単価の差額

各目的変数のモデル式において係数 α_2 は 5%水準で有意となり、ごみ総収集量、可燃ごみ収集量、資源ごみ収集量では負の値、不燃ごみ収集量では正の値となった。この結果、可燃ごみと不燃ごみの指定袋容積単価の差額が大きいほど、不燃ごみ収集量が増加することが示唆された。また、資源ごみ収集量では負の値となっていることから、この差額が大きいからといって、必ずしも資源循環ルートへの排出が促進されるとは限らず、むしろ安価な不燃ごみとしての排出を促しかねないと推測される。特に、不燃ごみ有料化を行っていない場合、この差額は最大となるが、不燃ごみ有料化を併せて行うことにより不燃ごみの増加量を抑制することができる。例えば、可燃ごみと不燃ごみの指定袋価格を同額に設定すれば係数 α_2 は 0 となり、可燃ごみから不燃ごみへの不適正排出の抑制に効果があると考えられる。

3.2.3 可燃ごみと資源ごみとの容積単価の差額

ごみ総収集量、可燃ごみ収集量、資源ごみ収集量のモデル式において、係数 α_3 はそれぞれ 10%、5%、1%の水準で有意となり、ごみ総収集量、

表 3 モデル式(3)の推定結果

Variable	WC_Total	WC_Com	WC_Inc	WC_Re	W_Recycling
	Coefficient	Coefficient	Coefficient	Coefficient	Coefficient
C	1316.56 **	1335.38 **	129.93	-116.33	180.40 *
PRICE_Cbag	-51.12 **	-45.40 **	-14.84	-4.71	20.23 .
DIFFER_C_IC	-33.28 **	-20.88 **	13.04 *	-21.88 **	-0.88
DIFFER_C_RE	17.71 .	-12.56 *	4.98	25.94 **	-17.48
D_2B	-101.87 **	-111.69 *	-4.68	14.46 .	-0.91
D_3B	-90.62 **	-79.55 **	-13.63	7.72	17.26 **
D_OVER4B	-122.46 **	-85.50 **	-25.04 **	22.20 *	25.78 **
D_15B	12.18	7.27	-13.38	2.79	3.42
D_PapRC	-5.95	-40.59 .	-4.81	20.91 **	4.65
D_PetRC	-16.81 *	-3.52	-24.38 **	21.85 **	16.21 *
D_PlaNonC	-20.42	-35.93 **	-6.36	29.55 **	-10.39 **
D_UP_C*D_PapRC	31.66 .	33.90	5.74	5.13	-22.93 **
D_UP_C*D_PetRC	-11.29	-3.38	-7.52 .	-12.34 **	-3.22
D_UP_C*D_PlaNonC	35.82	32.01 **	22.80 *	-15.65 *	5.89
D_GraRC	-35.07	1.50	28.96 **	-29.17 **	20.47 **
P_H	-195.03 **	-169.45 **	-46.98 .	62.39 *	-7.72
Pop_D	-0.01 .	-0.12 **	0.01	0.05 **	-0.06 **
R_DayP	-0.14	-0.24 **	0.41 **	-0.25 **	0.15 **
Income	72.51 **	36.03	28.12 *	-50.57 **	-13.54
Adjusted R-squared	0.30	0.82	0.77	0.86	0.71
F test : F(70,543)	14.25 **	19.48 **	19.52 **	22.82 **	12.64 **
Hausman test : $\chi^2(18)$ (Effects Specification)	26.50	34.20 *	32.82 *	47.58 **	38.75 **
	random	fixed	fixed	fixed	fixed

**p<0.01 *p<0.05 .p<0.10

下の指定袋の有無に関するダミー変数 (D_{15B}) の係数 α_7 は、各ごみ収集量に対して有意とはならなかった。

次に、可燃ごみ収集量のモデル式では袋種類数のダミー変数の各係数 $\alpha_4 \sim \alpha_6$ は5%水準で有意となり、いずれも負の値となった。しかし、本分析のみでは袋種類数のダミー変数の係数を比較することはできないため、3.3節で袋種類数に着目して減量効果の詳細な比較を行う。

3.2.5 資源ごみ収集ダミー変数、プラスチック製容器包装類の非可燃収集ダミー変数

D_{PapRC} の係数 α_8 は資源ごみ収集量のモデル式で正の値と推定され、1%水準で有意となった。 D_{PetRC} の係数 α_9 はごみ総収集量、不燃ごみ収集量、資源ごみ収集量のモデル式で有意となり、ごみ総収集量、不燃ごみ収集量では負の値、資源ごみ収集量では正の値が推定された。 $D_{PlaNonC}$ の係数 α_{10} は可燃ごみ収集量のモデル式で負の値、資源ごみ収集量のモデル式では正の値と推定され、有意水準1%で有意となった。

このように、資源ごみ収集量に対して D_{PapRC} 、 D_{PetRC} 、 $D_{PlaNonC}$ の各係数はいずれも正の値となり、分別収集の実施により資源ごみ収集量が増加することが確認された。また、可燃ごみからプラスチック製容器包装類、不燃ごみからペットボトルが資源ごみに移行していると推察された。

3.2.6 ごみ有料化ダミー変数と資源ごみ収集ダミー変数の交差項

ごみ有料化とプラスチック製容器包装類 (以下、プラ容器) 分別収集の複合効果を意図する $D_{UP_C} D_{PlaNonC}$ の係数 α_{13} について検討する。不燃ごみ収集量のモデル式では交差項は5%水準で有意な正の値となり、不燃ごみ収集量が増加する結果となった。この結果は、可燃ごみ有料化を実施することで、可燃ごみから不燃ごみへのプラ容器の分別効果が向上していると解釈できる。

一方、資源ごみ収集量のモデル式では交差項は5%水準で有意な負の値となり、資源ごみ収集量が減少する結果となった。この結果は、可燃ごみ有料化を実施することで、可燃ごみから資源ごみへのプラ容器の分別効果が小さくなっていることを示している。また、可燃ごみ収集量のモデル式では交差項は1%水準で有意な正の値となり、可燃ごみ収集量が増加する結果となった。すなわち、プラ容器に対する非可燃の分別効果は可燃ごみ有料化を実施することによって小さくなることを示している。

資源ごみ収集量及び可燃ごみ収集量では、想定していた結果とは異なる符号を示した。この点について、プラ容器の非可燃収集ダミー変数がプラ容器のリサイクルを表すものではなく、可燃ごみ以外での収集を意味する変数であることから、可燃ごみ有料化と不燃ごみ分別、資源ごみ分別の相乗効果を正しく評価できていなかったことが考えられる。したがって、有料化と分別収集との複合効果をより詳細に分析するには、不燃ごみ有料化や資源ごみ有料化についても交差項を設定する必要があると考えられ、今後の課題である。

3.2.7 集団回収助成金制度

資源ごみ収集量、集団回収量のモデル式で集団回収助成金制度ダミー変数の係数 α_{14} は1%水準で有意となり、資源ごみ収集量では負の値、集団回収量では正の値と推定された。これより、住民の集団回収に対して助成を行うことにより集団回収量は向上する一方、資源ごみ収集量が減少することとなった。このことは、集団回収助成金制度を導入することで住民の集団回収への取組み意識の向上が期待できるものと考えられる。

一般的に集団回収活動は、自治会等の地域組織単位で回収された資源ごみを民間業者が収集、リサイクルを行っており、自治体 (委託業者を含む) が収集や処理に直接関与することは少ない。したがって、資源ごみ収集、集団回収のいずれも資源循環ルートに流れるものではあるが、集団回収助成金制度の実施においては収集費用や民間業者の有無等により、両方式を併せて検討する必要があると考えられる。

3.2.8 地域要因

平均世帯人員 (P_H) の係数 α_{15} は、ごみ総収集量、可燃ごみ収集量、不燃ごみ収集量のモデル式において負の値、資源ごみ収集量のモデル式では正の値で有意となり、平均世帯人員がごみ排出量に影響を及ぼす要因であることが確認された。また、家庭での分別行動を必要とする資源ごみに対して正の値となっていることから、世帯人員はごみの発生量だけではなく、分別収集の効果についても影響を及ぼしうる要因と推察される。平均所得 ($Income$) の係数 α_{18} では、ごみ総収集量、不燃ごみ収集量のモデル式で正の値、資源ごみ収集量のモデル式では負の値で有

意となった。これらの結果は既存研究の結果^{10)~13)}と概ね同様であり、所得の増加とごみの発生量の増加に因果関係があると示唆される。また、平均世帯人員とは反対に、資源ごみに対して負の値となっていることから、分別収集の効果についても影響を及ぼしうる要因と推察される。人口密度 (Pop_D) の係数 α_{16} では、可燃ごみ収集量のモデル式で負の値、資源ごみ収集量のモデル式では正の値が1%水準で有意となった。また、人口集中地区人口比率 (R_DayP) の係数 α_{17} では、可燃ごみ収集量、資源ごみ収集量のモデル式で負の値、不燃ごみ収集量のモデル式で正の値と推定され1%水準で有意となった。

以上の結果は概ね既存研究と一致しており、上記の地域要因がごみ収集量に対して寄与する要因であることが確認され、ごみ処理の制度設計においては、これら地域要因を十分に考慮する必要があると考えられる。

3.3 可燃ごみ有料指定袋の種類数を加味したモデル式

3.3.1 推定方法

有料化設計要因である袋種類数は自治体によって異なっており、減量効果にも違いがあると考えられる。平井ら^{14),15)}は、京都市内在住の市民を対象にしたアンケート調査を行っている。その結果、指定袋の種類数を増やし、袋サイズの選択性を高めることにより、ごみの排出に袋代の安い小さな袋を使おうという市民の目標を生み出し、ごみ減量等の取り組みを促進させる効果があると報告している。そこで、袋種類数が2種類、3種類、4種類以上のカテゴリ間での減量効果の差の有無について、パネルデータ分析により統計的な検討を行った。まず、袋種類数の増減による減量効果の差を検討するため、可燃ごみ指定袋種類数に着目したモデル式(4)を設定した。

$$Y_{it} = C + \alpha_1 PRICE_Cbag + \alpha_2 Differ_C_IC + \alpha_3 Differ_C_RE + \alpha_4 N_bag + u_i + e_{it} \quad (4)$$

次に、袋種類数毎のごみ減量効果を推定するため、可燃ごみの指定袋種類数に応じたダミー変数 (2種類、3種類、4種類以上) を加えたモデル式(5)を設定した。

$$Y_{it} = C + \alpha_1 PRICE_Cbag + \alpha_2 Differ_C_IC + \alpha_3 Differ_C_RE + \alpha_4 D_2B + \alpha_5 D_3B + \alpha_6 D_OVER4B + u_i + e_{it} \quad (5)$$

また、袋種類数が2種類と3種類以上、3種類と4種類以上のカテゴリ間での減量効果の差を推定する。 δ_1 : 2種類と3種類以上の減量効果の差、 δ_2 : 3種類と4種類以上の減量効果の差とし、指定袋が2種類以上(D_OVER2B)、3種類以上(D_OVER3B)、4種類以上(D_OVER4B)のダミー変数を用いると、モデル式(5)中の袋種類数のダミー変数に関する項は次のように変形できる。

$$\begin{aligned} & \alpha_4 D_2B + \alpha_5 D_3B + \alpha_6 D_OVER4B \\ &= \alpha_4 D_2B + (\alpha_4 + \delta_1) D_3B + (\alpha_5 + \delta_2) D_OVER4B = \alpha_4 D_2B + (\alpha_4 + \delta_1) D_3B + \{(\alpha_4 + \delta_1) + \delta_2\} D_OVER4B \\ &= \alpha_4 (D_2B + D_3B + D_OVER4B) + \delta_1 (D_3B + D_OVER4B) + \delta_2 D_OVER4B \\ &= \alpha_4 D_OVER2B + \delta_1 D_OVER3B + \delta_2 D_OVER4B \end{aligned} \quad (6)$$

したがって、モデル式(5)に式(6)を代入すると、モデル式(7)で表すことができる。

$$Y_{it} = C + \alpha_1 PRICE_Cbag + \alpha_2 Differ_C_IC + \alpha_3 Differ_C_RE + \alpha_4 D_OVER2B + \delta_1 D_OVER3B + \delta_2 D_OVER4B + u_i + e_{it} \quad (7)$$

さらに、袋種類数が2種類と3種類、3種類と4種類以上のカテゴリ間での減量効果の差を推定する。 γ_1 : 2種類と3種類の減量効果の差、 γ_2 : 3種類と4種類以上の減量効果の差とすると、モデル式(7)の袋種類数のダミー変数に関する項は次のように変形できる。

$$\begin{aligned} & \alpha_4 D_2B + \alpha_5 D_3B + \alpha_6 D_OVER4B \\ &= \alpha_4 D_2B + (\alpha_4 + \gamma_1) D_3B + (\alpha_5 + \gamma_2) D_OVER4B = \alpha_4 (D_2B + D_3B + D_OVER4B) + \gamma_1 D_3B + \gamma_2 D_OVER4B \\ &= \alpha_4 D_OVER2B + \gamma_1 D_3B + \gamma_2 D_OVER4B \end{aligned} \quad (8)$$

モデル式(7)に式(8)を代入すると、モデル式(9)式で表すことができる。

$$Y_{it} = C + \alpha_1 PRICE_Cbag + \alpha_2 Differ_C_IC + \alpha_3 Differ_C_RE + \alpha_4 D_OVER2B + \gamma_1 D_3B + \gamma_2 D_OVER4B + u_i + e_{it} \quad (9)$$

以上のモデル式(4)、(5)、(7)、(9)を用いて、可燃ごみ収集量を目的変数とする推定を行い、各袋種類数間のごみ減量効果の比較を行った。

3.3.2 推定結果と考察

モデル式(4)を用いた推定結果を表4に示す。F検定の結果、1%水準で帰無仮説は棄却され、Hausman検定の結果、変量効果推定法が採用された。袋集類数の変数 (N_{bag}) の係数 α_4 は1%水準で有意となり、負の値となった。したがって、袋種類を1種類追加することにより、可燃ごみに対して平均で14.6gの減量効果があると考えられる。一方、袋集類数の変数は有料化未実施時には0とする変数であるため、有料化導入によるごみ減量効果を解釈する場合には指定袋容積単価 ($PRICE_C_{bag}$) と合わせて解釈する必要がある。例えば、容積単価1円/L、袋種類数2の有料化であれば、導入による可燃ごみ減量効果は $-39.5 \times 1 + (-14.6) \times 2 = (-68.7)$ として解釈される。

次に、モデル式(5)を用いた推定結果を表5に示す。F検定の結果、1%水準で帰無仮説は棄却され、Hausman検定の結果、変量効果推定法が採用された。袋種類数の各ダミー変数の係数 $\alpha_4 \sim \alpha_6$ は1%水準で有意となり、いずれも負の値となった。これは、2種類、3種類、4種類以上の各カテゴリーは、有料化未実施の場合又は指定袋1種類の場合に比べて有意な減量効果があることを示している。

さらに、モデル式(7)を用いた推定結果を表6示す。F検定の結果、1%水準で帰無仮説は棄却され、Hausman検定の結果、変量効果推定法が採用された。 D_OVER4B の係数 δ_2 は5%水準で有意な負の値となり、指定袋が3種類の場合と4種類以上の場合とでは、4種類以上の方が有意に少ないことが確認された。すなわち、3種類の場合に比べて4種類以上の方が減量効果が高いことが示唆された。一方、 D_OVER3B の係数 δ_2 は10%水準でも有意とならず、2種類の場合と3種類以上の場合に有意な差は確認できなかった。

モデル式(9)を用いた推定結果を表7に示す。F検定の結果、1%水準で帰無仮説は棄却され、Hausman検定の結果、変量効果推定法が採用された。 D_3B の係数 γ_1 及び D_OVER4B の係数 γ_2 は10%水準でも有意とならなかった。このため、指定袋の種類数が2種類と3種類の場合、及び2種類と4種類以上の場合では、有意な差は確認できなかった。

以上の結果から、2種類、3種類、4種類以上の全てのカテゴリーについて減量効果が確認された。また、袋種類数のダミー変数の係数を比較すると、3種類に比べて4種類以上の袋種類を設定している場合の方が減量効果が高くなることが示唆された。しかし、本分析では2種類と3種類、2種類と4種類以上の比較において、統計的に有意な差は見られなかった。

4. 結論

本研究では、2005年度時点で可燃ごみの単純従量制有料化を導入している国内自治体（有効回答71自治体）を対象に、有料化を含むごみ処理施策に関する要因や地域特性に関する要因を説明変数、ごみ処理量を目的変数とした線形モデルを設定し、有料化によるごみ減量効果とその影響・要因について分析を行った。

この結果、可燃ごみ有料化、分別収集制度それぞれでのごみ減量効果が確認された。また、可燃ごみ収集量に対しては、可燃ごみ指定袋の容積単価1円/Lあたりで約45g/人/日の減量効果が推定された。さらに、資源ごみの指定袋価格を可燃

表4 モデル式(4)の推定結果

Variable	WC_Com Coefficient
C	589.35 **
PRICE_Cbag	-39.53 **
Differ_C_IC	-22.93 *
Differ_C_RE	-13.22
N_bag	-14.64 **
Adjusted R-squared	0.37
F test :F(70,562)	27.62 **
Hausman test : $\chi^2(4)$ (Effects Specification)	1.38 random

**: $p<0.01$ *: $p<0.05$ *: $p<0.10$

表5 モデル式(5)の推定結果

Variable	WC_Com Coefficient
C	601.00 **
PRICE_Cbag	-23.76 *
Differ_C_IC	-17.33 *
Differ_C_RE	-22.24 **
D_2B	-78.54 **
D_3B	-44.32 **
D_OVER4B	-68.23 **
Adjusted R-squared	0.36
F test :F(70,562)	27.61 **
Hausman test : $\chi^2(6)$ Effects Specification	2.24 random

**: $p<0.01$ *: $p<0.05$ *: $p<0.10$

表6 モデル式(7)の推定結果

Variable	WC_Com Coefficient
C	601.00 **
PRICE_Cbag	-23.76 *
Differ_C_IC	-17.33 *
Differ_C_RE	-22.24 **
D_OVER2B	-78.54 **
D_OVER3B	34.22
D_OVER4B	-23.91 *
Adjusted R-squared	0.38
F test :F(70,562)	27.61 **
Hausman test : $\chi^2(6)$ Effects Specification	2.24 random

**: $p<0.01$ *: $p<0.05$ *: $p<0.10$

表7 モデル式(9)の推定結果

Variable	WC_Com Coefficient
C	601.00 **
PRICE_Cbag	-23.76 *
Differ_C_IC	-17.33 *
Differ_C_RE	-22.24 **
D_OVER2B	-78.54 **
D_3B	34.22
D_OVER4B	10.31
Adjusted R-squared	0.38
F test :F(70,562)	27.61 **
Hausman test : $\chi^2(6)$ Effects Specification	2.24 random

**: $p<0.01$ *: $p<0.05$ *: $p<0.10$

ごみに比べて低く設定することにより可燃ごみ収集量を減少させ、資源ごみ収集量を増加させる作用があると示唆され、資源循環ルートへの排出の促進が期待できると考えられた。

指定袋種類数の設定の違いによる影響を検討したところ、2種類、3種類、4種類のカテゴリーの全てについて減量効果が確認された。特に、3種類の場合に比べて4種類以上の袋種類を設定している方が減量効果が高くなることが示唆された。

可燃ごみ以外の有料化について、不燃ごみ有料化は不燃ごみを減少させる効果がある一方、資源ごみだけでなく可燃ごみも増加させる可能性があり、可燃ごみ有料化の料金との差により、その移行量は変化しうると考えられた。

今後の課題として、本研究では有料化と分別収集の複合効果の推定について検討したが、十分に評価することができなかった。本研究ではプラスチック製容器包装類の分別状況を表すダミー変数として非可燃収集ダミー変数を用いたが、資源ごみ、不燃ごみのいずれに分別されているかを調査・精査していくことにより、評価の精度を向上させることができると考えられる。

参考文献

- 1) 山川肇, 植田和弘: ごみ有料化研究の成果と課題: 文献レビュー, 廃棄物学会誌, 第12巻, 第4号, pp.245-258 (2001)
- 2) S.Sakai, T.Ikematsu, Y.Hirai, H.Yoshida, Unit-charging programs for municipal solid waste in Japan, Waste Management, 28, pp.2815-2825 (2008)
- 3) 天野耕二, 松浦篤史: 家庭ごみ排出特性に関わる指定袋配布制度の評価, 廃棄物学会論文誌, 第13巻, 第2号, pp.63-70 (2002)
- 4) 福岡雅子, 小泉春洋, 山川肇, 高月紘: 透明・半透明袋制導入時のごみ減量効果及び減量要因の解析, 廃棄物学会論文誌, 第15巻, 第4号, pp.266-275 (2004)
- 5) 島根哲哉, 日引聡, 河口政生: ごみ処理手数料有料制のごみ削減効果に関する実証分析, 日本経済学会2005年秋季大会 (2005)
- 6) 島根哲哉, 日引聡: 空間的自己相関モデルによるごみ処理手数料有料化のごみ排出削減効果の計量的分析, 応用地域学会第19回研究発表会 (2005)
- 7) 笹尾俊明: 産業廃棄物税の排出抑制効果—パネルデータを用いた分析, 第19回廃棄物学会研究発表会講演論文集, pp.110-112 (2008)
- 8) 池松 達人, 森安 洋平, 平井 康宏, 酒井 伸一: 京都府内におけるごみ有料化施策要因と減量効果の検討, 第19回廃棄物学会研究発表会, pp.98-100 (2008)
- 9) 池松達人, 平井康宏, 酒井伸一: 家庭ごみ有料化施策における減量効果の検討—京都府内自治体を対象としたパネルデータ分析— (投稿中)
- 10) 北村行伸: パネルデータ分析, pp.59-80, 岩波出版 (2005)
- 11) 山川肇, 植田和弘, 寺島泰: 有料化実施時におけるごみ減量の影響要因, 廃棄物学会論文誌, 第13巻, 第5号, pp.262-270 (2002)
- 12) 笹尾俊明: 廃棄物処理有料化と分別回収の地域的影響を考慮した廃棄物減量効果に関する分析: 廃棄物学会論文誌, 第11巻, 第1号, pp.1-10 (2000)
- 13) 碓井健寛: 有料化によるごみの発生抑制効果とリサイクル促進効果, 会計検査研究, 第27号, pp.245-261 (2003)
- 14) 森安洋平, 池松達人, 中村一夫, 平井康宏, 酒井伸一: 京都市家庭ごみ有料化とその他プラ分別収集開始等による市民の意識・行動変化の分析, 第19回廃棄物学会研究発表会, pp.101-103 (2008)
- 15) 平井康宏, 浅利美鈴, 酒井伸一, 植田和弘, 池松達人, 中村一夫: 京都地域におけるごみ有料化施策による資源循環変化の3R行動モデル解析 (K2035), 平成20年度廃棄物処理等科学研究研究報告書, pp.3-22 (2008)

キーワード: ごみ有料化、減量効果、パネルデータ分析

Key Words: Unit pricing system, waste reduction, panel data analysis